



Modelo flexible, modular, estándar, libre y asequible para el control de CPS aplicado a la robótica móvil

*Flexible, Modular, Standard, Free and Affordable Model for CPS Control Applied to Mobile Robotics*



Esta presentación

Pablo González-Nalda  
Ismael Etxeberria-Agiriano  
Isidro Calvo

Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz  
(UPV/EHU, Spain)



ISTI-2015, 17 de junio de 2015



# Contenidos de la presentación

## Contenidos

Resumen

Introducción

Arquitectura  
propuesta

Caso de  
Aplicación

Conclusiones

- 1 Resumen
- 2 Introducción
- 3 Arquitectura propuesta
- 4 Caso de Aplicación
- 5 Conclusiones



## Contenidos

### Resumen

Introducción

Arquitectura  
propuesta

Caso de  
Aplicación

Conclusiones

- 1 Resumen
- 2 Introducción
- 3 Arquitectura propuesta
- 4 Caso de Aplicación
- 5 Conclusiones



## Contenidos

### Resumen

### Introducción

### Arquitectura propuesta

### Caso de Aplicación

### Conclusiones

## *Sistema Ciberfísico (CPS)*

- Trabajo multidisciplinar
  - Computación embebida
  - Teoría de control
  - Redes de comunicaciones
- Complejidad
- Modelo flexible, modular, estándar, libre y asequible
  - Flexible y modular, desarrollo concurrente
  - Uso de estándares
  - Hardware y Software Libre
  - Bajo coste
  - Bajo consumo y ligero



## Contenidos

Resumen

**Introducción**  
CPS

Arquitectura  
propuesta

Caso de  
Aplicación

Conclusiones

- 1 Resumen
- 2 Introducción**
- 3 Arquitectura propuesta
- 4 Caso de Aplicación
- 5 Conclusiones



# Sistemas Ciberfísicos o CPS

## Contenidos

Resumen

Introducción

**CPS**

Arquitectura  
propuesta

Caso de  
Aplicación

Conclusiones

- Sistemas que conectan los computadores con el mundo físico
- Combinan
  - Computación embebida y de tiempo real
  - Teoría de control
  - Redes de comunicaciones
- Cada vez más frecuentes (domótica, industria)
- Los CPS han sido poco estudiados por su heterogeneidad
- Comprenden teoría y tecnologías complejas:
  - Tiempo Real
  - Electrónica
  - Computación Concurrente y Distribuida



## Contenidos

Resumen

Introducción

**Arquitectura  
propuesta**

Justificación de  
la plataforma  
Robótica Móvil

Caso de  
Aplicación

Conclusiones

- 1 Resumen
- 2 Introducción
- 3 Arquitectura propuesta**
- 4 Caso de Aplicación
- 5 Conclusiones

## Contenidos

Resumen

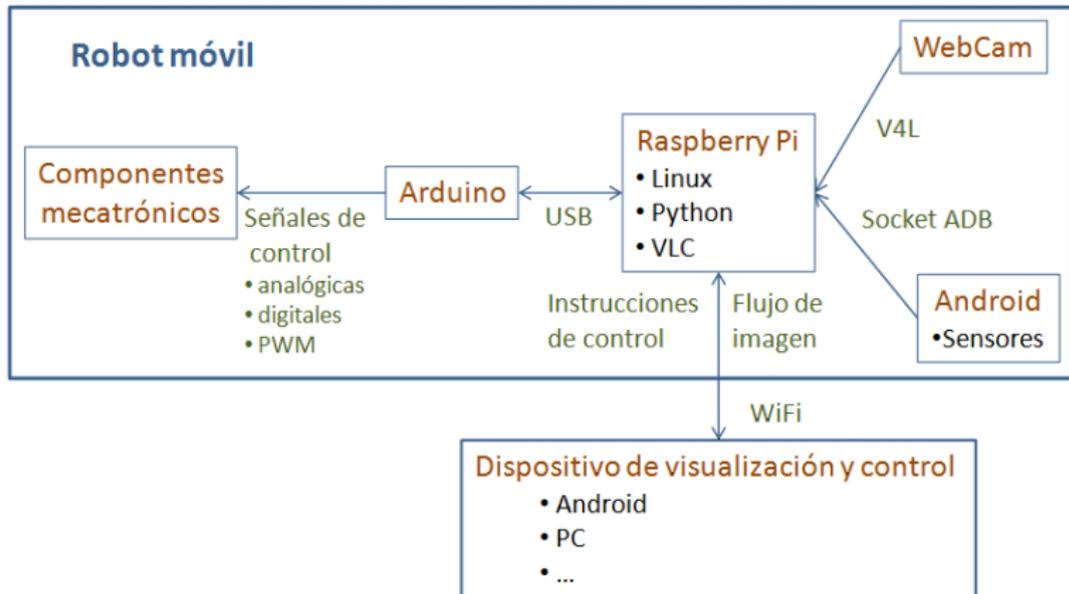
Introducción

**Arquitectura propuesta**

Justificación de la plataforma  
Robótica Móvil

Caso de Aplicación

Conclusiones





# Raspberry Pi 2

## Contenidos

Resumen

Introducción

Arquitectura  
propuesta

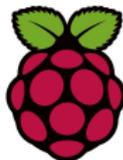
Justificación de  
la plataforma  
Robótica Móvil

Caso de  
Aplicación

Conclusiones

## SBC con GNU/Linux: Raspberry Pi 2

- Asequible
- Debian para Raspberry Pi: *Raspbian*
- Sistema Operativo muy configurable y estándar, gran comunidad de desarrollo
- Cualquier Lenguaje de Programación, compilados, mejoras de tiempos de respuesta
- Potente y ligera (sin pantalla, 4 núcleos a 1 GHz y 1GB)
- Gran conectividad: USBs, Ethernet, GPIO, I2C, SPI, UART





# Arduino Uno

## Contenidos

Resumen

Introducción

Arquitectura  
propuesta

**Justificación de  
la plataforma**  
Robótica Móvil

Caso de  
Aplicación

Conclusiones

## Placa para la interacción con la mecatrónica: Arduino Uno

- Muy asequible
- Conectividad digital, modulación por pulsos (PWM) y analógica
- Estándar en su ámbito con gran variedad de sensores y actuadores comerciales
- Lenguaje C, gran comunidad de desarrollo
- Muy bajo consumo y ligera



## Cámara Web USB

- Compatibles con el *kernel Linux* por V4L2
- Uso a través de OpenCV

## Dispositivo Android

- Interfaz de usuario
- Envío de las lecturas de sensores o cámara por USB
- Se pueden usar dispositivos sin uso o con taras (pantalla, teclas o batería no operativas)



La estructura distribuida permite la incorporación de otros dispositivos.



# Justificación de la plataforma: Control remoto

## Contenidos

Resumen

Introducción

Arquitectura  
propuesta

**Justificación de  
la plataforma**  
Robótica Móvil

Caso de  
Aplicación

Conclusiones

## Control remoto o visualización de información del vehículo

- Estructura cliente-servidor
- Interfaz web o android
- Mayor funcionalidad pero implica gran gasto de batería



# ¿Por qué la Robótica Móvil?

## Contenidos

Resumen

Introducción

Arquitectura  
propuesta

Justificación de  
la plataforma  
**Robótica Móvil**

Caso de  
Aplicación

Conclusiones

Desarrollar robots móviles es un problema muy trabajoso.

La Robótica Móvil es un buen ejemplo de sistema de computación embebida y de tiempo real.

La Robótica Móvil comparte con los CPS los conceptos de *corporeidad* y *ubicación*, necesarios para obtener comportamientos inteligentes.



## Contenidos

Resumen

Introducción

Arquitectura  
propuesta

**Caso de  
Aplicación**

Coche de  
radiocontrol

Esquema

Alimentación y  
conexiones

Dificultades

Desarrollo final

Resultados

Conclusiones

- 1 Resumen
- 2 Introducción
- 3 Arquitectura propuesta
- 4 Caso de Aplicación**
- 5 Conclusiones

## Contenidos

Resumen

Introducción

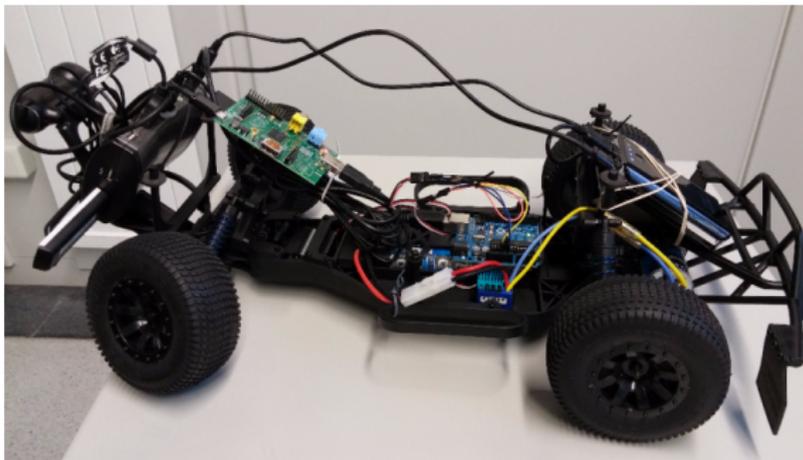
Arquitectura  
propuesta

Caso de  
Aplicación

**Coche de  
radiocontrol**

Esquema  
Alimentación y  
conexiones  
Dificultades  
Desarrollo final  
Resultados

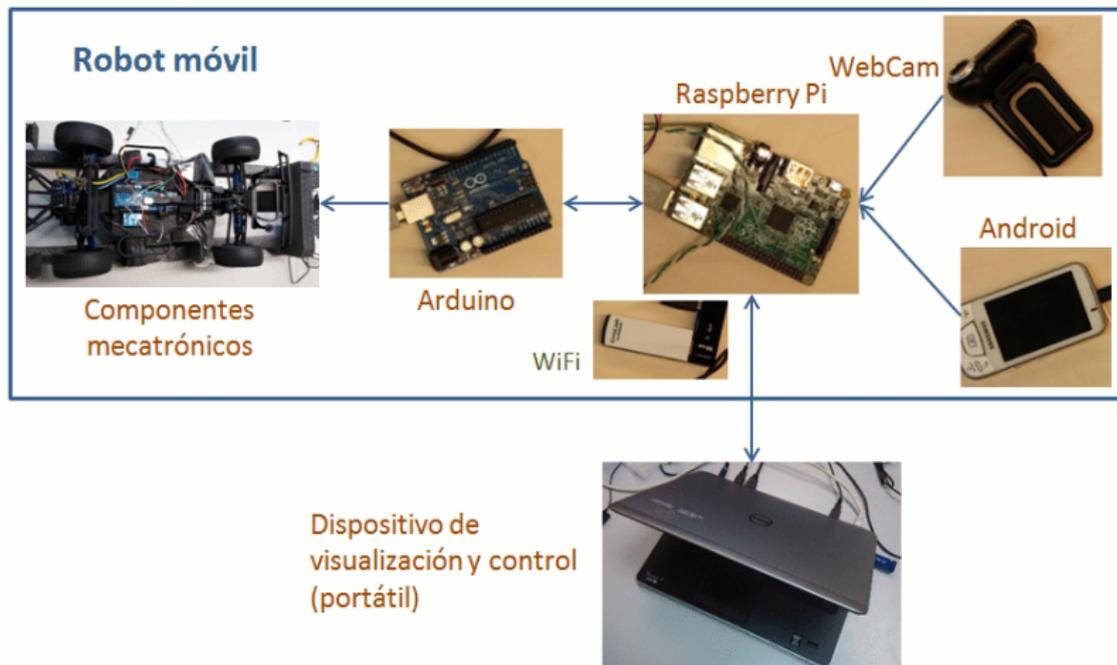
Conclusiones



- Una posible solución
- Alternativas: a piezas o impresora 3D

## Contenidos

- Resumen
- Introducción
- Arquitectura propuesta
- Caso de Aplicación
- Coche de radiocontrol
- Esquema**
- Alimentación y conexiones
- Dificultades
- Desarrollo final
- Resultados
- Conclusiones





# Alimentación y conexiones

## Contenidos

Resumen

Introducción

Arquitectura  
propuesta

Caso de  
Aplicación

Coche de  
radiocontrol  
Esquema

**Alimentación y  
conexiones**

Dificultades  
Desarrollo final  
Resultados

Conclusiones

## Alimentación por batería para recarga de móviles

- USB 5V 2,1A
- Alimenta dos dispositivos

## Conexiones de datos

- Servos a Arduino por PWM
- Cámara web y Arduino a Raspberry Pi por USB
- Módulo WiFi USB para control remoto
- Móvil Android para lectura de sensores



# Dificultades

## Contenidos

Resumen

Introducción

Arquitectura  
propuesta

Caso de  
Aplicación

Coche de  
radiocontrol  
Esquema

Alimentación y  
conexiones

**Dificultades**  
Desarrollo final  
Resultados

Conclusiones

Las principales dificultades fueron:

- Voracidad de energía de la cámara y WiFi
- Las comunicaciones tienen una gran variación en tiempos de respuesta
- Calibración de los servos por prueba y error



# Desarrollo final

## Contenidos

Resumen

Introducción

Arquitectura  
propuesta

Caso de  
Aplicación

Coche de  
radiocontrol  
Esquema

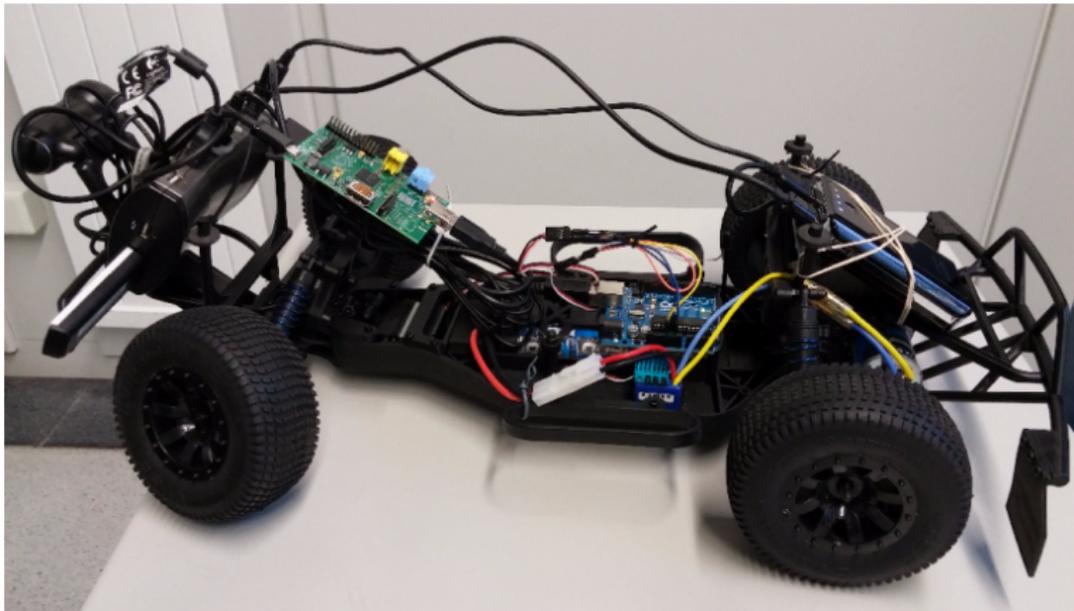
Alimentación y  
conexiones

Dificultades

**Desarrollo final**

Resultados

Conclusiones





## Contenidos

Resumen

Introducción

Arquitectura  
propuesta

Caso de  
Aplicación

Coche de  
radiocontrol  
Esquema

Alimentación y  
conexiones

Dificultades

Desarrollo final

**Resultados**

Conclusiones

## Resultados:

- Integración de una Arquitectura Modular para CPS
- Componentes de Hardware Libre y bajo coste
- Software Libre (GNU/Linux, OpenCV)
- Raspberry Pi que integra y es centro de computación
- Al ser asequibles se pueden usar muchos para desarrollo en paralelo o por alumnado
- Desacoplan la complejidad al separar los módulos y se descompone el sistema en problemas independientes



## Contenidos

Resumen

Introducción

Arquitectura  
propuesta

Caso de  
Aplicación

Conclusiones

- 1 Resumen
- 2 Introducción
- 3 Arquitectura propuesta
- 4 Caso de Aplicación
- 5 Conclusiones

## Contenidos

Resumen

Introducción

Arquitectura  
propuesta

Caso de  
Aplicación

Conclusiones

## Conclusiones:

Se ha desarrollado un modelo flexible, modular, estándar, libre y asequible para el control de CPS aplicado a la robótica móvil

## Trabajo futuro:

- OpenCV  
biblioteca libre de visión artificial
- ROS  
Robot Operating System es un *framework* libre para el desarrollo de software para robots que provee la funcionalidad de un sistema operativo en un clúster heterogéneo
- Seguridad, cifrado de comunicaciones y rendimiento en Tiempo Real
- Redes Neuronales y Algoritmos Evolutivos





# ¿Preguntas?

## Contenidos

Resumen

Introducción

Arquitectura  
propuesta

Caso de  
Aplicación

Conclusiones

Gracias  
¿Preguntas?



Modelo flexible, modular, estándar, libre y asequible para el control de CPS aplicado a la robótica móvil

*Flexible, Modular, Standard, Free and Affordable Model for CPS Control Applied to Mobile Robotics*



Esta presentación

Pablo González-Nalda  
Ismael Etxeberria-Agiriano  
Isidro Calvo

Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz  
(UPV/EHU, Spain)



ISTI-2015, 17 de junio de 2015